Aus dem Physiologischen Institut der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. Dittler.

Die zeitliche Veränderung der Unterschiedsschwelle während der Adaptation an einen konstanten Dauerdruckreiz

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Marburg

vorgelegt von

Hans Kolbe
Zahnarzt aus Marburg (Lahn)

Marburg 1935

Buchdruckerei Joh. Hamel, Marburg (Lahn)

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
am 27. Mai 1935.
Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Referent: Prof. Dr. R. Dittler

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern!

Einleitung.

Zwei objektiv verschieden große Reize irgendwelcher Art, die auf den menschlichen Körper einwirken, werden nur dann als ungleich stark empfunden, wenn der eine Reiz um einen bestimmten Betrag, nämlich um den Wert der Unterschiedsschwelle, größer ist als der andere. Dieser Schwellenwert ist bekanntlich nicht für alle Reizgrößen gleich, sondern er verändert sich im selben Verhältnis wie die absoluten Reizgrößen: Wir fassen mit unseren Sinnen nicht die Differenz, sondern das Verhältnis zweier Reizgrössen auf. Vor etwa hundert Jahren zog *E. H. Weber* (9) diese Erkenntnisse aus seinen sehr ausgedehnten Untersuchungen.

Bei der Prüfung dieser Beziehungen im Bereich des Tastsinnes ging *Weber* so vor, daß er nacheinander zwei verschiedene Gewichte abwechselnd auf dieselbe Hautstelle auflegte und diejenigen Gewichtsgrößen suchte, bei denen eben eine Verschiedenheit der Empfindung zu merken war.

Im Rahmen der zahlreichen Arbeiten zur Nachprüfung des *Weber*schen Gesetzes (3) schlug der englische Forscher *Stratton* (8) einen etwas anderen Weg ein. Schon *Weber* hatte bei seiner Methode des sukzessiven Vergleiches zweier Empfindungsgrößen mit der Schwierigkeit zu kämpfen, daß bei einem zu schnellen Wechsel der Gewichte die Versuchsperson nicht die nötige Zeit zur Abschätzung hatte, während beim Einlegen zu großer Zwischenpausen sich die Erinnerung an den vorausgegangenen Reiz im Gedächtnis der Versuchsperson wieder verwischte. Dieser Umstand sowie der Wunsch, den komplizierten Vorgang des vergleichenden Abschätzens überhaupt auszuschalten, mögen für *Stratton* bestimmend gewesen sein, seine Versuche in folgender Weise anzuordnen: Er reizte eine Hautstelle mit einem Dauerdruckreiz bestimmter, gleichbleibender Stärke und suchte die Größe der momentanen

Druckänderung, die nötig war, um eben eine Veränderung der Empfindungsstärke zu erhalten. Es gelang *Stratton*, mit diesem Verfahren das *Weber*sche Gesetz — allerdings nur innerhalb gewisser Grenzen der Grundreizgrößen — zu bestätigen.

Auffällig bei der Durchsicht dieser Versuche ist, daß *Stratton* keine Angaben über die zwischen Grund- und Zusatzreiz liegende Zeit macht und diese demnach wohl nicht berücksichtigt hat; er erwähnt nur, daß der Zusatzreiz immer „etwa 1.5 Sek. nach einem zugerufenen Signal" erfolgte. Dagegen gab *Stern* (7), der in gleicher Weise wie *Stratton* die Geltung des *Weber*schen Gesetzes prüfte, den zweiten Reiz stets 4 Sek. nach dem ersten.

Und doch erscheint die erwähnte Zeitspanne wichtig im Hinblick auf die Eigenart der Vorgänge im Sinnesorgan, die mit dem Auftreffen des Grundreizes einsetzen. Es ist eine alltägliche Erfahrung, daß ein gleichmäßig wirkender Dauerreiz von den Sinnesorganen mit der Zeit immer schwächer empfunden wird, d. h., daß die Sinnesapparate sich an den Reiz „adaptieren". Der zeitliche Verlauf dieser Adaptation an Druckreize ist in einer Arbeit von *v. Frey* und *Goldman* (5) exakt verfolgt worden. Es zeigte sich, daß die Adaptation an einen nicht zu starken Druckreiz sich schon im Verlauf weniger Sekunden deutlich nachweisen läßt. Die durch die Einwirkung eines Dauerreizes hervorgerufene Empfindung ist zu verschiedenen Zeiten ihres Verlaufes also nicht von gleicher Größe; trotzdem ist der Zeitpunkt, zu dem die Größe des zu eben merklicher Empfindungsänderung benötigten Zusatzreizes bestimmt wurde, bisher beliebig gewählt worden. Bei dieser Lage der Dinge gab Herr Prof. *Dittler* die Anregung zu vorliegender Arbeit, die zur Aufgabe hat, zu entscheiden, ob und in welchem Sinne die Unterschiedsschwelle während der Dauer eines gleichmäßig wirkenden Druckreizes sich verändert.

Ueber das Ergebnis solcher Untersuchung war auf Grund älterer Erfahrungen etwas Bindendes nicht vorauszusagen. Theoretisch konnte man zu zwei Vorstellungen kommen. Da die Sinnesorgane den Dauerreiz im Verlaufe seiner Wirkung zu immer kleiner werdenden Bruchteilen seines anfänglichen

Reizwertes empfindungsmäßig registrieren, so schien es einerseits möglich, daß auch zur Auslösung der eben merklichen Empfindungsänderung nun ein stärkerer Reiz notwendig würde: Die Unterschiedsschwelle müßte steigen (Fall der allgemeinen Sinnesermüdung). Andererseits war es aber auch denkbar, daß die Unterschiedsschwelle, entsprechend der allmählichen Abnahme der Empfindungsstärke, nach Maßgabe des *Weber*schen Gesetzes niedriger würde (Adaptation an den wirkenden Dauerreiz). Eine Entscheidung war hier nur auf dem Wege des Versuches möglich.

Wie man sieht, wird es mit der Antwort auf diese Frage zugleich möglich sein — und dies ist der übergeordnete Leitgedanke der vorliegenden Arbeit — zu dem alten Problem: Adaptation oder Ermüdung? Stellung zu nehmen. Man war schon bisher wenig geneigt, das Verblassen eines verhältnißmässig schwachen Dauerreizes als eigentliche Ermüdung aufzufassen, war aber andererseits nicht in der Lage, stichhaltige Gründe für die echte Adaptation vorzubringen. So erklärt *v. Frey* (4), daß die Frage: Adaptation oder Ermüdung? zur Zeit noch nicht entschieden werden könne. In einer anderen Arbeit möchte derselbe Autor (5) der Adaptation den Vorzug geben, indem er darauf hinweist, daß nach der Einwirkung etwa eines Dauerdruckreizes die Entlastung als Reiz empfunden wird und folglich eine Ermüdung nicht eingetreten sein könne. Einer kritischen Betrachtung kann diese Beweisführung indessen nur für den extremen Fall standhalten, daß mit der Entlastung bis zur völligen Unmerklichkeit der Empfindung gewartet wird. Da dieser Fall nicht leicht ganz störungsfrei zu verwirklichen ist, so erscheint jede weitere Möglichkeit einer Beweisführung willkommen.

Versuchsplan.

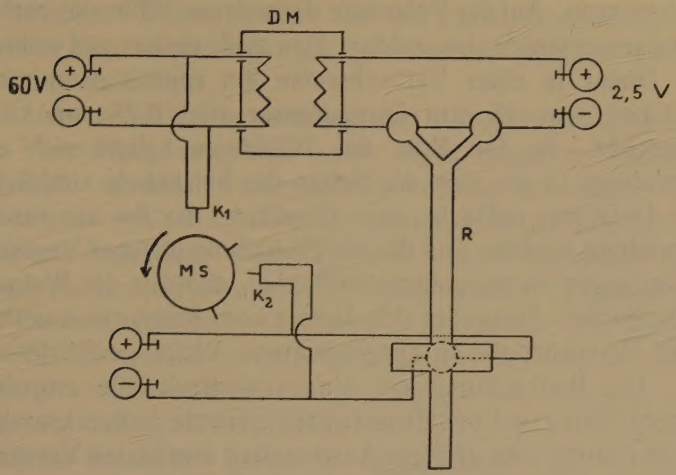
Zur Lösung der gestellten Aufgabe musste eine Einrichtung geschaffen werden, die es gestattete, einen momentan einfallenden Dauerdruckreiz von gleichbleibender Stärke und Angriffsfäche auszuüben und diesen Grundreiz zu verschiedener Zeit nach seinem Beginn um einen variablen Bruchteil seiner Stärke momentan zu verändern. Der Versuch konnte dann folgendermaßen aufgebaut werden: Es wurde zu einem bestimmten Zeitpunkt, z. B. 6 Sek. nach Einfallen des Grundreizes, die eben merkliche Zusatzreizgrösse aufgesucht und geprüft, ob diese nach einer längeren oder kürzeren Zeit als 6 Sek. nicht mehr zu einem Empfindungszuwuchs führte oder umgekehrt einen erhöhten Reizwert zeigte. Da im Versuch nur ersteres scharf zu beurteilen ist, so war in praxi die Verwirklichung dieses Falles anzustreben, d. h. die „Ausgangszeit" auf Grund von Vorversuchen so zu wählen, daß die Variation des Intervalles immer in der Richtung nach den höherwerdenden Unterschiedsschwellen hin erfolgte.

Für die Durchführung der Versuche stand dem Verfasser ein von Herrn Prof. *Dittler* für diesen Zweck konstruierter Ankerhebel zur Verfügung. Der Apparat ist im wesentlichen dem *v. Frey*schen Ankerhebel (2) ähnlich, besitzt jedoch die Besonderheit, daß der Magnetkern von einer Doppelspule umgeben ist, deren jede für sich von eigener Stromquelle aus gespeist werden kann. Mit diesem Elektromagneten ist es also möglich, den Anker durch Einschalten der ersten Spule mit einer gewissen Kraft anzuziehen und diese Kraft zu einem beliebigen Zeitpunkt durch Einschaltung der zweiten Spule plötzlich um einen bestimmten Betrag zu vergrößern. Das nach abwärts gebogene Ende des Reizhebels ruhte wie beim *v. Frey*schen Apparat — und zwar unter Einschaltung eines Metallplättchens — auf der zu reizenden Hautstelle.

Die Einschaltung der beiden Spulen in den jeweils gewünschten Zeitabständen geschah für größere Zeitwerte durch manuelle Schliessung zweier Quecksilberschlüssel durch den Versuchsleiter nach einer Stoppuhr. Für Zeiten von 2 Sek. an abwärts wurde das Gewichtsmyographion nach *Schenk*

verwendet, das bei seinem Umlauf zwei Oeffnungskontakte in genau meßbaren kurzen Zeitabständen betätigte. Abbildung 1 zeigt die Schaltung in schematischer Darstellung.

Abbildung 1:



Vor die den Grundreiz ausübende Spule des Doppelmagneten (D. M.) ist eine Kurzschlußleitung gelegt, die durch Oeffnung des Kontaktes K_1 mittels des *Schenck*schen Myographions (M. S.) unterbrochen wird. Im Augenblick der Oeffnung spricht der Magnet an.

Die Einrichtung zur Auslösung des Zusatzreizes war grundsätzlich die gleiche. Auch hier lag der auslösende Kontakt (K_2) in Kurzschlußleitung, nur war in diesen Stromkreis — da der nur wenig geschwächte Akkumulatorenstrom der Zusatzreizleitung die Kurzschlußleitung überhitzt hätte — noch ein elektromagnetisches Relais (R) aufgenommen, das vom Kontakt aus betätigt wurde und seinerseits erst den Kreis des Zusatzreizes schloß.

Als Stromquelle für den Grundreiz diente eine Akkumulatorenbatterie von 60 V unter Vorschaltung eines geeigneten Widerstandes; der Grundreizstrom blieb immer der gleiche. Der von 1 Akkumulator gelieferte Strom für den Zusatzreiz wurde mit einem in der Skizze nicht berücksichtigten Reochordschieber passend variiert.

Bei größeren Zeitabständen zwischen Grund- und Zusatzreiz wurde die Versuchsperson vom Versuchsleiter 3 Sek. vor dem Einfallen des Zusatzreizes angerufen; bei kürzeren Zeiten erfolgte der Zuruf schon vor Verabfolgung des Grundreizes.

In allen Versuchsreihen war der Verfasser selbst Versuchsperson. Auf der Volarseite der unteren Hälfte des rechten Unterarmes wurde eine größere Hautstelle rasiert und während der Dauer je einer Versuchsreihe ein rundes Aluminiumplättchen von 15 mm Durchmesser und 0,25 mm Dicke aufgeklebt. In der Mitte des Plättchens befand sich eine Vertiefung, in die sich die Spitze des Reizhebels eindrückte. Der Unterarm ruhte in einer Gipsform, die ihn vor rascher Ermüdung schützte und die die Einhaltung gleicher Versuchsbedingungen im wesentlichsten Punkte, nämlich der Wahrung stets gleichen Abstandes des Ankers vom Magneten innerhalb jeder Versuchsreihe in ausgezeichneter Weise gewährleistete.

Die Beobachtung der Unterschiedsschwelle erforderte einige Uebung und vor allem konzentrierteste Aufmerksamkeit. Mit der durch eine größere Anstrengung ermüdeten Versuchsperson war ein einigermaßen brauchbares Ergebnis nicht zu gewinnen. Die Versuche wurden deshalb stets am Vormittag vor jeder anderen Tätigkeit ausgeführt,

Die Versuchsperson hatte die Aufgabe, die Wahrnehmung des Zusatzreizes durch ein kurz und plötzlich ausgerufenes „Zuck" zu erkennen zu geben. Da während der Versuche die Apparatur für die Versuchsperson unsichtbar war, und alle von seiten der Apparatur auftretenden Geräusche ausgeschaltet waren, war das Versuchsverfahren ein unbedingt unwissentliches.

Als Versuchsleiter war Fräulein *Anni Göller* tätig. Für ihre Hilfe möchte ich ihr auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

Da es nicht im Sinne der gestellten Aufgabe lag, absolute Werte zu gewinnen, mit denen etwa eine zahlenmäßige Nachprüfung der *Stratton*schen Arbeit vorgenommen werden könnte, so konnte von einer Eichung der Apparatur abgesehen werden. Auch erübrigte es sich, besonders darüber zu wachen, daß die in den einzelnen Versuchsreihen verwendeten Druckwerte immer wieder streng die gleichen waren.

Im Gegenteil, es schien sogar zweckmäßig, die einzelnen Versuchsreihen nicht unter stets genau den gleichen Verhältnissen durchzuführen. Es wurde deshalb auch weder eine Auszählung der belasteten Tastkörperchen noch eine Zerstörung der benachbarten vorgenommen. Daß innerhalb der einzelnen Versuchsreihen auf die Einhaltung streng der gleichen Versuchsbedingungen genauestens geachtet wurde, ist selbstverständlich.

Um von der Größenordnung der Druckstärken wenigstens eine Vorstellung zu geben, seien einige Angaben hierüber beigefügt. In allen Versuchsreihen betrug die Stärke des Grundreizes etwa 65 g; der bei der Reochordstellung 10 cm gegebene Zusatzreiz entsprach etwa einer Belastung von 2,3 g. Bemerkenswert ist, daß diese Zahlen ungefähr in dem bisher fast immer beobachteten Verhältnis 1 : 30 stehen.

Bei der Beschränkung der Aufgabe auf relative Feststellungen wurde bewußt auf die Möglichkeit verzichtet zur Frage der Gültigkeit des *Weber*schen Gesetzes, wie sie bekanntlich in letzter Zeit von *Renquist* (6) und anderen wieder aufgeworfen wurde, grundsätzlich Stellung zu nehmen.

Die Versuche.

Schon die ersten Versuche zeigten in ganz überzeugender Weise, daß z. B. die für die Zeitspanne von 5 Sek. gesuchte Unterschiedsschwelle nach 2 Sek. überhaupt nicht als Reizzuwuchs empfunden wurde. Für die Zeit von 2 Sek. mußte vielmehr ein größerer Zusatzreiz gegeben werden, um eine eben merkliche Reizverstärkung zu spüren. Dagegen war die für 5 Sek. gesuchte Unterschiedsschwelle für die Zeit von 10 Sek. überschwellig — hier konnte schon eine geringere Zusatzreizgröße die eben merkliche Empfindung einer Reizverstärkung hervorrufen.

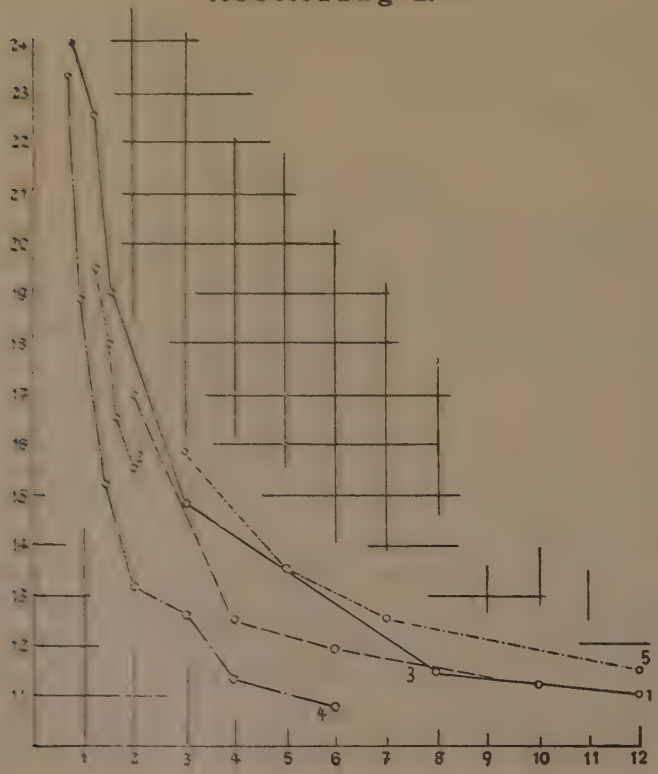
Von den Eingangs gemachten theoretischen Ueberlegungen werden also die bestätigt, die sich für das Vorhandensein einer echten Adaptation einsetzen. Zur Erhärtung dieser Angaben wird im folgenden das bei den Versuchen gewonnene Material beigefügt.

Die Registrierung der gefundenen Werte wurde in

Tabellen vorgenommen. Dabei wurde in die 1. Spalte als „Ausgangszeit" die Zeitspanne zwischen Einfall des Grundreizes und Zugabe des Zusatzreizes eingetragen. Für diesen Wert des Intervalles zwischen beiden Reizen wurde die Unterschiedsschwelle gesucht, deren Größe, bezeichnet durch Zentimeterzahlen der Reochordschieberstellung, in der 2. Spalte zu finden ist. In den folgenden Spalten wurden die Urteile der Versuchsperson über die Merklichkeit (+), Nichtmerklichkeit (—) oder Fraglichkeit (?) eines Empfindungsunterschieds bei veränderten Zeiten aufgenommen.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse sämtlicher Versuchsreihen graphisch zusammengefaßt. Jede Kurve ist mit der Ordnungszahl der entsprechenden Tabelle versehen. Auf der Ordinate ist die Reochordschieberstellung in Zentimetern, auf der Abszisse ist die Zeit in Sekunden abgetragen.

Abbildung 2.



Für Zeitwerte über 12 Sek. wurden die Unterschiedsschwellen praktisch konstant gefunden. Entsprechend läuft der Abschnitt der Kurve zwischen den Zeitwerten 0 Sek. und 0,5 Sek. praktisch parallel zur Ordinate. Sehr geringe Veränderungen der Zeitwerte machten sich hier an den Reochordwerten in so erheblichem Maße bemerkbar, daß ein kleiner Fehlerwert auf der Abszisse sich vervielfacht an der zugehörigen Ordinate zeigen müßte. Es wurde deshalb von einem systematischen Durcharbeiten dieser Kurvenstrecke abgesehen. Von dieser Teilstrecke kann jedoch gesagt werden, daß sie bei einem Zeitwert von $^1/_{40}$ Sek. ihren geringsten Abstand von der Ordinate erreichen dürfte. Nach Arbeiten von *Basler* (1) werden nämlich zwei nacheinander einwirkende Druckreize nach $^1/_{40}$ Sek. subjektiv gerade noch als zwei Reize empfunden.

1. Versuchsreihe.

Ausgangszeit	Unterschiedsschwelle	Nach wieviel Sekunden war die Unterschiedsschwelle merklich (+), nichtmerklich (−), fraglich (?) ?					
12 Sek.	11	11 Sek. ++++	10 Sek. +?++	9 Sek. −−?+	8 Sek. −−−−	12 Sek. +	
8 Sek.	11,4	7 Sek. ++++	6 Sek. −−++	5 Sek. ?−−+	4 Sek. +−−−	3 Sek. −−−−	8 Sek. +
3 Sek.	14,8	2 Sek. −−−−	3 Sek. +				
2 Sek.	17,9	1,5 Sek. −−−−	2 Sek. +				
1,5 Sek.	19	1,4 Sek. ++++	1,3 Sek. ++?+	1,2 Sek. −?−+	1,1 Sek. −−−−	1,5 Sek. +	
1,1 Sek.	22,5	1 Sek. +++	0,9 Sek. ?−?−	0,8 Sek. −+−−	0,7 Sek. −−−−	1,1 Sek. +	
0,7 Sek.	24						

Wie die Tabelle der 1. Versuchsreihe zeigt, wurde die für 12 Sek. geltende Unterschiedsschwelle nach 11 Sek. stets

gemerkt, nach 10 Sek. tritt schon ein Fragezeichen auf, bei 9 Sek. sind 2 negative, 1 fragliches und nur noch 1 positives Urteil verzeichnet, bei 8 Sek. nur noch negative Urteile. Für die Zeit von 8 Sek. besteht also eine eindeutig höhere Unterschiedsschwelle als für die von 12 Sek. Die Unterschiedsschwelle für 8 Sek. wurde gesucht und in die nächste Zeile eingetragen, und hier wiederholt sich dann das gleiche wie in der vorhergehenden Zeile.

Um die einzelnen Abschnitte der aus der beschriebenen Versuchsreihe resultierenden Kurve nachzuprüfen, wurden die folgenden Versuchsreihen angesetzt. Wenn diese auch — da die Zahl der belasteten Tastkörperchen nicht stets die gleiche und die Einstellung des Ankerhebels nicht immer genau dieselbe war — Kurven zeitigten, die in anderer Höhenlage sich bewegen, so bestätigen sie doch die Kurvenrichtung in überzeugender Weise.

Versuchsreihe 2 und 3.

Ausgangszeit	Unterschiedsschwelle	Nach wieviel Sekunden war die Unterschiedsschwelle merklich (+), nichtmerklich (—), fraglich (?) ?					
2 Sek.	15,5	1,5 ----	1,9 ++++	1,8 -?++	1,7 -+--	1,6 ----	2 +
1,6 Sek.	16,5	1,5 ----	1,6 +				
1,5 Sek.	18	1,4 ++++	1,3 ??--	1,2 ----	1,5 +		
1,2 Sek.	19,5						

Ausgangszeit	Unterschiedsschwelle	Nach wieviel Sekunden war die Unterschiedsschwelle merklich (+), nichtmerklich (—), fraglich (?) ?				
10 Sek.	11,2	9 ++++	8 -+++	7 ?--?	6 ----	10 +
6 Sek.	11,9	5 ++++	4 ----	6 +		
4 Sek.	12,5	3 +-+?	2 ----	4 +		
2 Sek.	17					

Versuchsreihe 4 und 5.

Ausgangszeit	Unterschiedsschwelle	Nach wieviel Sekunden war die Unterschiedsschwelle merklich (+), nichtmerklich (−), fraglich (?) ?					
6 Sek.	10,8	5 ++++	4 −−−−	6 +			
4 Sek.	11,3	3 −−−−	4 +				
3 Sek.	12,6	2 −−−−	3 +				
2 Sek.	13,1	1,9 ++	1,8 ++++	1,6 +?−+	1,5 −+−−	1,4 −−−−	2 +
1,4 Sek.	15,2	1 +−−−	0,9 −−−−	1,4 +			
0,9 Sek.	18,9	0,8 −−+−	0,7 −++?	0,6 −−?−	0,5 −−−−	0,9 +	
0,5 Sek.	23,4						

Ausgangszeit	Unterschiedsschwelle	Nach wieviel Sekunden war die Unterschiedsschwelle merklich (+), nichtmerklich (−), fraglich (?) ?					
12 Sek.	11,5	11 ++++	10 ++++	9 ++++	8 +?−−	7 −−−−	12 +
7 Sek.	12,5	6 +?+−	5 ?−−	7 +			
5 Sek.	13,5	4 ?−+	3 ?−−?	5 +			
3 Sek.	15,8						

Betrachtung des Gesamtergebnisses.

Die aus den Versuchen gewonnenen Erkenntnisse können folgendermaßen zusammengefaßt werden: **Die Empfindlichkeit einer unter einem konstanten Dauerdruckreiz stehenden Hautstelle für hinzukommende Zuwuchsdruckwerte wird, entsprechend der sehr rasch einsetzenden Empfindungsabnahme, im Verlauf der Dauerdruckwirkung größer.** Dem Verblassen der Empfindung liegt demnach keine Ermüdung zugrunde, sondern eine echte Adaptation der Sinnesapparate.

Nach den in der Einleitung gemachten Ausführungen überrascht die Beobachtung dieser Gesetzmäßigkeit nicht, wenn man die Geltung des *Weber*schen Gesetzes anerkennt, das ja einem größeren Empfindungswert eine höhere Unterschiedsschwelle zuordnet. Da die Größe der Empfindung eines konstanten Dauerdruckreizes von einem Maximum auf ein Minimum abfällt, muß die Unterschiedsschwelle zu Beginn des Dauerreizes größer sein, als zu der Zeit, in der die Druckempfindung stark abgeblaßt ist. In Bezug auf die Gültigkeit des *Weber*schen Gesetzes haben die angestellten Versuche keinen Anlaß zu Zweifeln gegeben. Im Gegenteil konnte beobachtet werden, daß bei einer Vergrößerung des Grundreizes auch die Unterschiedsschwelle anwuchs.

Angesichts dieser Festellung bleibt die Frage zu beantworten, wie es kommt, daß *Stratton* und *Stern* bei ihren Versuchen von der Veränderlichkeit der Unterschiedsschwelle nicht gestört wurden. Aus *Stratton*s Angaben geht hervor, daß er den Zusatzreiz stets 1,5 Sek. nach einem zugerufenen Signal gab. Den Grundreiz ließ er also offenbar während einer ganzen Versuchsreihe einwirken. Aus den Versuchen der vorliegenden Arbeit hat sich nun ergeben, daß die Unterschiedsschwellen für alle Zeiten über 12 Sek. praktisch dieselben sind. Gab *Stratton* also erst in diesem Zeitabschnitt der konstanten Unterschiedsschwellen seine Zusatzreize, so ist es verständiich, daß er trotz der anfänglichen Veränderlichkeit der Unterschiedsschwellen zu gleichmäßigen Ergebnissen kommen konnte. An die Tatsache aber, daß es *Stratton* nicht gelang, die Geltung des *Weber*schen Gesetzes für

Grundreizwerte über 200 g zu beobachten, knüpft sich folgende Vermutung: Während für verhältnismäßig geringe Druckwerte, wie sie auch bei den Versuchen vorliegender Arbeit verwendet wurden (65 g), eine Herabsetzung der Leistungsfähigkeit der Tastkörperchen infolge Stauung von Kohlensäure und Reststickstoff und ähnlichem kaum anzunehmen ist, wenn der Reiz nicht geradezu extrem lange Zeit einwirkt, so erscheint bei der Anwendung höherer Druckwerte, also vielleicht schon solcher über 200 g, diese schädigende Wirkung keineswegs ausgeschlossen. Zu dieser Auffassung wird man sich umso eher entschließen, wenn man sich vergegenwärtigt, daß *Stratton* den Grundreiz offenbar für recht lange Zeit einwirken ließ. Eine experimentelle Nachprüfung, die hier allein volle Klarheit schaffen könnte, war im Rahmen dieser Arbeit, wie schon erwähnt, nicht vorgesehen.

Die Ergebnisse *Sterns* sind etwas anders zu bewerten. *Stern* gab den Zusatzreiz stets 4 Sek. nach dem Einfall des Grundreizes. Er veränderte also das Reizintervall nicht und erhielt aus diesem Grunde nicht in der Zeit veränderliche, sondern stets gleiche Unterschiedsschwellen.

Die Resultate der Arbeiten von *Stratton* und *Stern* stehen demnach nicht im Widerspruch zum Ergebnis der vorliegenden Arbeit. Darüber hinaus beantwortet dieses Ergebnis die Frage: Adaptation oder Ermüdung? in eindeutiger und erschöpfender Weise zugunsten ersterer.

Meinen Dank möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. *Dittler* aussprechen, der die Anregung zur vorliegenden Arbeit gab und zur Hilfe stets freundlich bereit war.

Literatur.

1. *Basler, A.:* Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. 5, „Hautsinne", 1914.
2. *H. D. Cook* und *M. von Frey:* Der Einfluß der Reizstärke auf den Wert der simultanen Raumschwelle der Haut, Ztschr. f. Biologie, **56**, 537, 1911.
3. *B. Th. Fechner:* Elemente der Psychophysik, 1889.
4. *M. von Frey:* Vorlesungen über Physiologie, 2. Aufl. 1911.
5. *M. von Frey* und *A. Goldman*: Der zeitliche Verlauf der Einstellung bei den Druckempfindungen, Ztschr. f. Biologie, **65**, 183, 1915.
6. *Yrjö Renquist:* Das Messen auf dem Gebiet der Propriozeptiv- und der Berührungsempfindung, Ergebnisse der Physiologie, **35**, 827, 1933.
7. *L. W. Stern:* Die Wahrnehmung von Helligkeitsveränderungen, Ztschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane, **7**, 248, 1894.
8. *G. M. Stratton:* Ueber die Wahrnehmung von Druckänderungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten, Wundts philosophische Studien, **12**, 525, 1898.
9. *E. H. Weber:* Tastsinn und Gemeingefühl, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 149.

Lebenslauf.

Der Verfasser, *Hans Kolbe*, wurde am 24. Oktober 1910 als Sohn des Schlossers *Emil Kolbe* und seiner Ehefrau *Margarethe*, geborenen *Lauer*, zu Marburg geboren.

Nach vierjährigem Besuch der Volksschule trat er 1921 in die Oberrealschule der Stadt Marburg ein und legte an derselben Anstalt 1931 die Reifeprüfung ab. Anschließend studierte er an der Universität seiner Vaterstadt Zahnheilkunde, bestand im Herbst 1932 die zahnärztliche Vorprüfung mit „gut" und im November 1934 die zahnärztliche Staatsprüfung mit dem Prädikat „sehr gut."

Seine akademischen Lehrer waren: *Baars, Baur, Baumann, Dittler, Eimer, Fliege, Göppert, Grüneisen, Kunzendorf, Loebell, Meerwein, Nauck, Pfannenstiel, von Reckow, Rix, Schubert, Seidel, Versé, Wiedhopf.*